

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-258328

(43)Date of publication of application : 12.09.2003

(51)Int.Cl.

H01L 41/083

B41J 2/045

B41J 2/055

H01L 41/187

H02N 2/00

(21)Application number : 2002-052245

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing : 27.02.2002

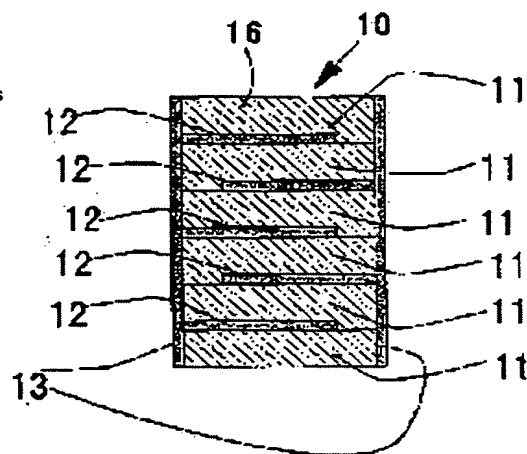
(72)Inventor : GENDOSHI TAKUYA

(54) STACKED PIEZOELECTRIC ACTUATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a stacked piezoelectric actuator of excellent reliability and durability having therein alternately stacked piezoelectric ceramic layers and electrode layers, which causes no cracking during long-time driving and no deterioration in displacement characteristics.

SOLUTION: In the actuator 10 in which the piezoelectric ceramic layers 11 and the electrode layers 12 are alternatively stacked, the thickness of the electrode layer 12 sandwiched between the piezoelectric ceramic layers 11 is rendered to be 1 μm –5 μm , the electrode layer 12 contains piezoelectric ceramic particles 14 of 5–20 wt.%, and the piezoelectric ceramic particles 14 are filled in a through hole 15 which is partially formed in the electrode layer 12.



BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-258328
(P2003-258328A)

(43) 公開日 平成15年9月12日 (2003.9.12)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 L 41/083		H 0 2 N 2/00	B 2 C 0 5 7
B 4 1 J 2/045		H 0 1 L 41/08	S
2/055		41/18	1 0 1 D
H 0 1 L 41/187			1 0 1 B
H 0 2 N 2/00		B 4 1 J 3/04	1 0 3 A

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-52245(P2002-52245)

(22) 出願日 平成14年2月27日(2002.2.27)

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田島羽殿町6番地

(72) 発明者 源通 拓哉

鹿児島県国分市山下町1番1号 京セラ株

式会社鹿児島国分工場内

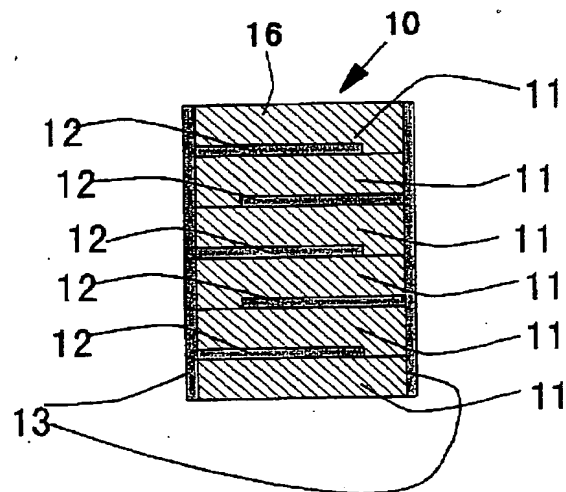
Fターム(参考) 2C057 AF65 AG42 AG44 AG47

(54) 【発明の名称】 積層型圧電アクチュエータ

(57) 【要約】

【課題】 圧電セラミック層と電極層とを交互に積層した積層型圧電アクチュエータにおいて、長期駆動においてもクラックの発生がなく、かつ変位特性の劣化のない、信頼性及び耐久性に優れた積層型圧電アクチュエータを提供する。

【解決手段】 圧電セラミック層11と電極層12とを交互に積層した積層型圧電アクチュエータ10の圧電セラミック層11間に挟まれた電極層12の平均厚みTを1 μ m \sim 5 μ mとするとともに、電極層12中に圧電セラミック粒子14を5重量% \sim 20重量%の範囲で含有させ、さらに上記電極層12中に部分的に形成される貫通孔15内に圧電セラミック粒子14を充填するようにする。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】圧電セラミック層と電極層とを交互に積層した積層型圧電アクチュエータにおいて、上記圧電セラミック層間に挟まれた電極層の平均厚みが $1\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ であるとともに、上記電極層中に圧電セラミック粒子を5重量%～20重量%の範囲で含有し、かつ上記電極層中に部分的に形成される貫通孔内に圧電セラミック粒子が充填されていることを特徴とする積層型圧電アクチュエータ。

【請求項2】上記圧電セラミック層及び圧電セラミック粒子が、チタン酸ジルコン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛のうち少なくとも1種を主成分とする圧電セラミックスからなることを特徴とする請求項1に記載の積層型圧電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、インクジェットプリンタヘッドや超音波モータなどに応用される、積層型圧電アクチュエータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】エレクトロニクス機器に用いられる積層型圧電アクチュエータは、微小な圧電素子で大きな変位を得ることが要求されている。

【0003】例えば、インクジェットプリンタヘッドでは、弾性変形可能な振動板に、図7に示すような、厚み方向に分極処理を施した圧電セラミック層31と電極層32とを交互に積層し、その端面に各電極層32と電気的に接続される端面電極33を備えた積層型圧電アクチュエータ30を接合して圧電素子を構成したものが用いられている。そして、隣り合う電極層32間に異なる極性の電圧を印加すると、圧電セラミック層31が厚み方向に伸縮運動し、積層型圧電アクチュエータ30全体も伸縮運動をするのに対し、積層型圧電アクチュエータ30の片面には振動板が接合されているため、この振動板によって上記伸縮運動を撓み運動に変換させるようになっていた。

【0004】その為、この撓み運動する圧電素子をインクジェットプリンタヘッドのインク室を構成する壁として用いれば、圧電素子の撓み運動によってインク室内のインクを加圧することができるため、インク室に連通するインク吐出孔よりインク滴を吐出させることができるようになっていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、アクチュエータとして積層型圧電アクチュエータを用いる場合、電極層と電界の作用によって変形する圧電セラミック層とはできるだけ強固に密着していることが必要であるが、従来の積層型圧電アクチュエータ30は、圧電セラミック層31と電極層32の表面の凹凸によるアンカー効果でもって接合されているだけであるため、変形の繰り返しに

よって応力を加え続けると、密着性が低下してその界面に部分的な剥離が発生し、剥離が進行すると、所望の変位が得られなくなるといった課題があった。

【0006】しかも、図8に示すように、薄型の積層型圧電アクチュエータ30においては、電極層32にピンホールと呼ばれる多数の貫通孔34が形成され、この貫通孔34に応力が集中し易いことから、貫通孔34を起点として亀裂が発生し、電極層32を断線させたり、圧電セラミック層31と電極層32との間の剥離を発生させ易いといった課題もあった。

【0007】このように、従来の積層型圧電アクチュエータ30は信頼性及び耐久性の点で問題があった。

【0008】

【発明の目的】本発明の目的は、圧電セラミック層の変形が繰り返されたとしても電極層との強固な密着力が得られ、剥離やクラックが生じ難い、信頼性及び耐久性に優れた積層型圧電アクチュエータを提供することにある。

【0009】

20 【課題を解決するための手段】そこで、本発明は、上記課題に鑑み、圧電セラミック層と電極層とを交互に積層した積層型圧電アクチュエータにおいて、上記圧電セラミック層間に挟まれた電極層の平均厚みを $1\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ とするとともに、上記電極層中に圧電セラミック粒子を5重量%～20重量%の範囲で含有させ、さらに上記電極層中に部分的に形成される貫通孔内に圧電セラミック粒子を充填するようにしたことと特徴とする。

30 【0010】なお、上記圧電セラミック層及び圧電セラミック粒子としては、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)、マグネシウムニオブ酸鉛(PMN)、ニッケルニオブ酸鉛(PNN)のうち少なくとも1種を主成分とする圧電セラミックスを用いることが好ましい。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について説明する。

【0012】図1は本発明の積層型圧電アクチュエータの一例を示す断面図である。

40 【0013】この積層型圧電アクチュエータ10は、圧電セラミック層11と電極層12とを交互に積み重ねた積層体16を焼成にて接合一体化したもので、隣り合う電極層12は互いにずらして配置してあり、一つおきに配置された電極層12を積層体16の一方端面に露出させるとともに、残りの電極層12を積層体16の他方端面に露出させ、積層体16の両端面に被着した端面電極13によりそれぞれ通電するようになっている。

50 【0014】積層型圧電アクチュエータ10を形成する圧電セラミック層11としては、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)、マグネシウムニオブ酸鉛(PMN)、ニッケルニオブ酸鉛(PNN)のうち少なくとも1種を主成分とする圧電セラミックスを用いることができ、その厚

み方向に予め分極処理を施してある。

【0015】また、積層型圧電アクチュエータ10を形成する電極層12としては、圧電セラミック層11と一体的に焼成することができ、圧電セラミック層11と反応することなく、熱膨張係数が近似したものをを用いることが好ましく、例えば、白金、金、銀のいずれか1種の金属又は白金系合金、金系合金、銀系合金のいずれか1種の合金を用いることができる。

【0016】さらに、本発明の積層型圧電アクチュエータ10は、図2に電極層の一部を拡大した断面図を示すように、電極層12中には圧電セラミック粒子14を含有させてある。その為、圧電セラミック層11と電極層12とを焼成にて一体化するにあたり、圧電セラミック層11と電極層12のアンカー効果以外に、電極層12の表面に存在する圧電セラミック粒子14と、圧電セラミック層11とを焼結させることができるため、圧電セラミック層11と電極層12との間の密着力を大幅に向上させることができる。

【0017】また、本件発明者の研究によれば、電極層12中に圧電セラミック粒子14を含有させることにより、図2のA部に示すように、電極層12中に部分的に形成される貫通孔15内に圧電セラミック粒子14が充填され、電極層12を挟む圧電セラミック層11と焼結させることができるため、圧電セラミック層11の変形によって亀裂の起点となり易い貫通孔15（ピンホール）を大幅に低減することができる。

【0018】この理由としては明らかではないが、電極層12中に圧電セラミック粒子14を含有させることにより、圧電セラミック層11と電極層12とを焼成にて一体化する際、電極層12中に部分的に形成される貫通孔15（ピンホール）内に電極層12中の圧電セラミック粒子14が押し出され、貫通孔15（ピンホール）内に圧電セラミック粒子14が充填されるものと考えられる。

【0019】その為、本発明の積層型圧電アクチュエータ10によれば、隣り合う電極層12間に異なる極性の電圧を印加して圧電セラミック層11を繰り返し変形させたとしても圧電セラミック層11と電極層12との間に剥離を発生させたり、電極層12を断線させるようなことがないため、信頼性及び耐久性に優れたものとすることができる。

【0020】ところで、電極層12中に含有させる圧電セラミック粒子14としては、電極層12を形成する材質と反応することがなく、かつ圧電セラミック層11を形成する材質の特性に悪影響を与えないよう、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）、マグネシウムニオブ酸鉛（PMN）、ニッケルニオブ酸鉛（PNN）のうち少なくとも1種を主成分とする圧電セラミックスを用いることが良く、さらに密着性を高めるためには、圧電セラミック層11を形成する材質と同種の圧電セラミック

スを用いることが好ましく、望ましくは圧電セラミック層11を形成する材質と同一の圧電セラミックスを用いることが良い。

【0021】なお、本発明において、圧電セラミック層11を形成する材質と同種の圧電セラミックスからなるとは、主成分が同じセラミックスからなることを指す。

【0022】ただし、電極層12中に含有する圧電セラミック粒子14の含有量が5重量%未満では、電極層12の圧電セラミック層11との接合面に存在する圧電セラミック粒子14の量が少ないため、密着力を高める効果が小さく、また、電極層12中に部分的に形成される貫通孔15（ピンホール）中に充填される圧電セラミック粒子14の量も少ないために、貫通孔15（ピンホール）を圧電セラミック粒子14で完全に埋めることができないため、亀裂の発生を抑える効果が小さくなり、逆に、電極層12中に含有する圧電セラミック粒子14の含有量が20重量%を超えると、電極層12内の抵抗が高くなり過ぎ、電極としての機能が損なわれる。

【0023】その為、電極層12中に含有させる圧電セラミック粒子14の含有量は5重量%～20重量%とすることが好ましい。

【0024】また、電極層12中に含有させる圧電セラミック粒子14は、その粒度が電極層12の平均厚みTよりも小さいものをを用いることが良い。

【0025】即ち、圧電セラミック粒子14の粒度が電極層12の平均厚みTより大きいと、電極層12中に圧電セラミック粒子14が占める割合が多くなり過ぎ、電極層12の抵抗が大きくなって電極としての機能を果たさなくなるからである。

【0026】さらに、電極層12中に圧電セラミック粒子14を含有させるにあたり、電極層12の平均厚みTは1μm～5μmとすることが好ましい。

【0027】なぜなら、電極層12の平均厚みTが1μmより小さくなると、電極層12の抵抗が大きくなり、電極としての機能が損なわれるからであり、逆に電極層12の平均厚みTが5μmを超えると、圧電セラミック層11の変形が阻害され、所望の変位量が得られ難くなるからである。

【0028】ただし、本発明において電極層12の平均厚みTとは、積層型圧電アクチュエータ10の断面に現れる電極層12のうち、その最大厚みと最小厚みを測定し、両者の平均値のことを言う。

【0029】次に、図1に示す積層型圧電アクチュエータ10の製造方法について説明する。

【0030】まず、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）、マグネシウムニオブ酸鉛（PMN）、ニッケルニオブ酸鉛（PNN）のうち少なくとも1種を主成分とする圧電セラミック粉末を用意し、これに少量の有機バインダーと有機可塑剤を加えて、有機溶剤中に分散、混合させてスラリーを製作する。そして、このスラリーを用いて例

えばテープキャスト法により未焼結の圧電セラミック層を複数枚製作する。

【0031】次に、得られた未焼結の圧電セラミック層の表面にスクリーン印刷法にて圧電セラミック粒子14を添加した金属ペーストを電極層12の形状に印刷する。

【0032】金属ペーストには、白金、金、銀のうちいずれか1種の金属又は白金系合金、金系合金、銀系合金のうちいずれか1種の合金に対し、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)、マグネシウムニオブ酸鉛(PMN)、ニッケルニオブ酸鉛(PNN)のうち少なくとも1種を主成分とする圧電セラミック粒子14を5重量%~20重量%の範囲で添加したものを有機溶剤中に分散させたものを用いる。

【0033】この時、焼成後の圧電セラミック粒子14の粒度が電極層14の平均厚みTより小さくなるようにするため、添加する圧電セラミック粒子14はできるだけ粒度の揃ったものを用いることが好ましい。

【0034】次いで、金属ペーストを印刷した未焼結の圧電セラミック層を複数層積層し、熱圧着させた後、脱脂処理を施し、しかる後、圧電セラミック粉末を焼結させることができる温度にて焼成することにより、圧電セラミック層11と電極層12とが交互に積層一体化され、圧電セラミック層11間に挟まれた電極層12の平均厚みTが1μm~5μm、電極層12中に圧電セラミック粒子14を5重量%~20重量%の範囲で含有するとともに、電極層12中に部分的に形成される貫通孔15内に圧電セラミック粒子14が充填された積層体16を製作する。

【0035】しかる後、電極層12が露出する積層16体の端面に、端面電極13を形成した後、隣り合う電極層12間に電圧を印加して圧電セラミック層11の厚み方向に分極処理を施すことにより、本発明の積層型圧電アクチュエータ10を得ることができる。

【0036】以上、本発明の実施形態について示したが、本発明はこの実施形態だけに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で改良や変更したもののにも適用できることは言うまでもない。

【0037】

【実施例】チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)を主成分とする圧電セラミック粉末を用意し、これに少量の有機バインダーと有機可塑剤を加えて、有機溶剤中に分散、混合させてスラリーを製作した後、テープキャスト法により、厚さ50μmの未焼結の圧電セラミック層を複数枚製作した。

【0038】次に、得られた未焼結の圧電セラミック層を30mm角に切断した後、その表面にスクリーン印刷法にて圧電セラミック粒子を添加した金属ペーストを焼成後の厚みが1μm~5μmとなるように電極層の形状に印刷した。

【0039】この時、金属ペースト中の金属には、銀70重量%-パラジウム30重量%の合金を用いるとともに、圧電セラミック粒子には、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)を主成分とする圧電セラミック粒子を用いた。また、金属ペースト中に添加する圧電セラミック粒子の粒度及び添加量をそれぞれ異ならせるようにした。

【0040】次いで、金属ペーストを印刷した未焼結の圧電セラミック層を積層し、熱圧着にて一体化した後、電気炉内で室温から800℃まで徐々に加熱して有機成分を加熱分解させた後、さらにマグネシア密閉容器内にて1200℃の温度で3時間焼成することにより、圧電セラミック層と電極層とが交互に積層された積層体を得た。この時、積層体の端面に露出する電極層の平均厚みTが1μm、2μm、3μm、5μmであるものを製作した。ただし、いずれも圧電セラミック層の厚みは35μmとなるようにした。

【0041】なお、各積層体の端面に露出する電極層を見ると、電極層には部分的に貫通孔を有するものの、この貫通孔内にはセラミック粒子が充填されており、このセラミック粒子の組成についてICP分析にて測定したところ、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)を主成分とする圧電セラミック粒子であった。

【0042】そして、得られた積層体をダイシングソーを用いて約10mm角の大きさに切り出した後、電極層が露出する積層体の端面に、銀とガラスフリットからなる電極ペーストを印刷し、約600℃で1時間熱処理を行い、端面電極を形成した。

【0043】そして、端面電極にリード線を接続し、厚み1mm当たり約1.5kVの直流電圧を約80℃のシリコン油中にて印加して圧電セラミック層に分極処理を施し、積層型圧電アクチュエータを製作した。

【0044】そして、得られた積層型圧電アクチュエータの電気容量の測定をインピーダンスアナライザーにて計測を行った。ただし、電極層中に圧電セラミック粒子を含有していない従来の積層型圧電アクチュエータの電気容量を100%とし、これを基準試料とした。

【0045】電極層の平均厚みが1μmの時の圧電セラミック粒子の含有量と積層型圧電アクチュエータの電気容量変化との関係は図3に、電極層の平均厚みが2μmの時の圧電セラミック粒子の含有量と積層型圧電アクチュエータの電気容量変化との関係は図4に、電極層の平均厚みが3μmの時の圧電セラミック粒子の含有量と積層型圧電アクチュエータの電気容量変化との関係は図5に、電極層の平均厚みが5μmの時の圧電セラミック粒子の含有量と積層型圧電アクチュエータの電気容量変化との関係は図6にそれぞれ示す通りである。

【0046】これらの結果、いずれも電極層中に含有させる圧電セラミック粒子の粒度が電極層の平均厚みTよりも小さい範囲では、その添加量を20重量%以下とすることで、積層型圧電アクチュエータの電気容量の低下

を27%以下に抑えられることが判る。

【0047】次に、圧電セラミック粒子の粒度と含有量及び電極層の平均厚みをそれぞれ異ならせ、積層型圧電アクチュエータを駆動させた時の変位量をレーザー変位計にて測定し、電極層中へ圧電セラミック粒子を含有させていない従来の積層型圧電アクチュエータの変位量を100%としてその割合を測定するとともに、20億回振動させた後に積層型圧電アクチュエータを切断し、ク*

* ラックの有無について電子顕微鏡にて測定した。

【0048】ただし、いずれも積層型圧電アクチュエータの端面電極間には20Vの矩形波を印加して駆動させるようにした。

【0049】結果は表1に示す通りである。

【0050】

【表1】

No.	圧電セラミック粒子の添加量	圧電セラミック粒子の粒度	電極層の平均厚み	クラック発生の有無	初期変位量
	重量%	μm	μm	有無	%
※1	0	—	2	×	100
2	10	1	2	○	90
3	20	1	2	○	85
*4	30	1	2	○	55
※5	0	—	3	×	100
6	10	2	3	○	90
7	20	2	3	○	85
*8	30	2	3	○	60
※9	0	—	5	×	100
10	10	2	5	○	95
11	20	2	5	○	85
*12	30	2	5	○	65

※:従来の積層型圧電アクチュエータを示す。

*:本発明範囲外の積層型圧電アクチュエータを示す。

【0051】この結果、表1より判るように、電極層中に圧電セラミック粒子を含有させることで基準試料と比較して変位量の低下が見られるものの、基準試料では駆動に伴ってクラックの発生が見られた。

【0052】これに対し、電極層中に圧電セラミック粒子を含有させたものにはクラックの発生は見られず、密着力の改善が見られた。ただし、圧電セラミック粒子の含有量が20重量%を超えると、基準試料に対して変位量が大幅に低下していることが判る。

【0053】その為、電極層中に、粒度が電極層の平均厚みより小さくかつ5重量%～20重量%の範囲で含有させることにより、変位量を大きく劣化させることなく、長期駆動においてもクラック等の破損のない積層型圧電アクチュエータが得られることが判る。

【0054】

【発明の効果】以上のように、本発明の積層型圧電アクチュエータによれば、圧電セラミック層間に挟まれた電極層の平均厚みを1 μm ～5 μm とするとともに、電極層中に圧電セラミック粒子を5重量%～20重量%の範囲で含有させ、さらに上記電極層中に部分的に形成される貫通孔内に圧電セラミック粒子を充填するようにしたことによって、変位量を大きく劣化させることなく、長期駆動においてもクラック等の破損のない、信頼性及び耐久性に優れた積層型圧電アクチュエータを提供することができる。

【0055】また、上記圧電セラミック層及び圧電セラミック粒子として、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)、

マグネシウムニオブ酸鉛(PMN)、ニッケルニオブ酸鉛(PNN)のうち少なくとも1種を主成分とする圧電セラミックスを用いることにより、圧電セラミック層と電極層との密着力を高めることができ、信頼性及び耐久性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の積層型圧電アクチュエータの一例を示す断面図である。

【図2】図1の電極層の一部を拡大した断面図である。

【図3】電極層の平均厚みが1 μm の時の圧電セラミック粒子の含有量と積層型圧電アクチュエータの電気容量変化との関係を示す線図である。

【図4】電極層の平均厚みが2 μm の時の圧電セラミック粒子の含有量と積層型圧電アクチュエータの電気容量変化との関係を示す線図である。

【図5】電極層の平均厚みが3 μm の時の圧電セラミック粒子の含有量と積層型圧電アクチュエータの電気容量変化との関係を示す線図である。

【図6】電極層の平均厚みが5 μm の時の圧電セラミック粒子の含有量と積層型圧電アクチュエータの電気容量変化との関係を示す線図である。

【図7】従来の積層型圧電アクチュエータの一例を示す断面図である。

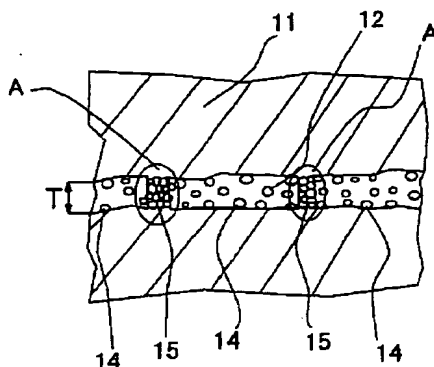
【図8】図7の電極層の一部を拡大した断面図である。

【符号の説明】

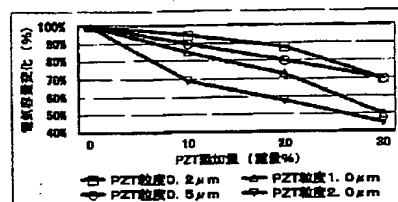
10, 30: 積層型圧電アクチュエータ 11, 31: 圧電セラミック層

*

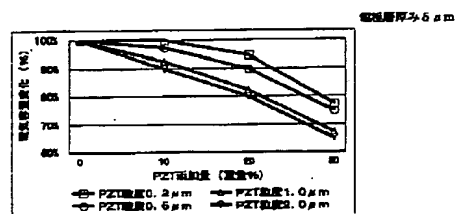
【圖 2】



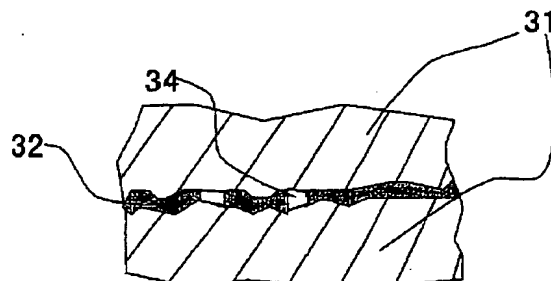
【圖 4】

電極層厚み $2\ \mu\text{m}$ 

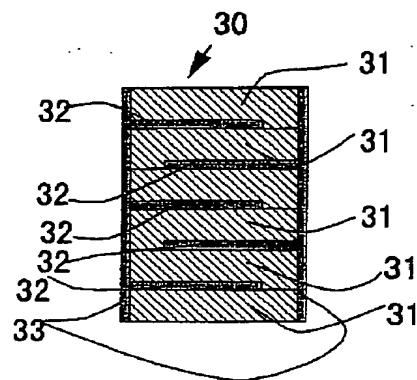
【圖6】



【圖 8】



【図7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I
H O I L 41/08

テーマコード (参考)

Q